

УДК 005:681.518.54(045)

¹Ю.М. Чоха, д.т.н, доц.
²Є.А. Сапелюк, к.т.н., доц.

МЕТОДОЛОГІЧНІ СПОСОБИ СТРУКТУРУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СКЛАДНОГО АВІАЦІЙНОГО ОБ'ЄКТА

¹Інститут підготовки кадрів Державної служби зайнятості України

²Національний авіаційний університет

²E-mail: zlp@nau.edu.ua

Обґрунтовано необхідність застосування концептуального підходу до формування бази знань типового складного динамічного об'єкта авіаційної техніки, що забезпечує роботу автоматизованої системи діагностувань і підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: дедукція, декомпозиція, діагностика, знання, інформація, парадигма, система, структура, штучний інтелект.

Постановка проблеми

Концептуальною особливістю використання прикладних гібридних динамічних автоматизованих систем діагностування та підтримки прийняття рішень (АСД ППР) авіаційної техніки (АТ) є удосконалення технологій збору, обробки й аналізу великих масивів діагностичної інформації, що формуються в процесі експлуатації.

Розробка, впровадження і застосування спеціалізованих АСД ППР типу «експерт об'єкт АТ» покликане підвищити можливості авіаційного персоналу з питань:

- оперативного аналізу діагностичної інформації;
- виявлення загальних закономірностей зміни технічного стану авіаційних об'єктів;
- прогнозування швидкості їх подальшої деградації;
- ідентифікація експлуатаційних несправностей на поглиблених рівнях (до вузла/елемента);
- зниження трудомісткості технічного обслуговування складних об'єктів сучасних повітряних суден.

Розділення стадій отримання знань та їх структурування є досить умовним, адже фахівець одночасно з отриманням знань виконує їх структурування.

Мета роботи – дослідження технологій збору, обробки й аналізу інформаційних масивів, що формуються під час експлуатації АТ, та їх використання в АСД ППР.

Аналіз публікацій

На сучасному етапі розвитку штучного інтелекту простежується тенденція випередження технологічних засобів розробки інтелектуальних систем відносно їх теоретичного обґрунтування.

Класичні праці з аналітичних основ кібернетики застаріли щодо сучасних поколінь інтелектуальних систем, що базуються на інформаційних технологіях моделювання й обробки баз знань, наприклад, автоматизованих систем. Це пояснюється, з одного боку, тим, що розвиток наукового напрямку щодо штучного інтелекту був направлений на моделювання слабко формалізованих задач, до вирішення яких було неприйнятним застосування традиційного математичного апарату, а з другого боку, штучний інтелект активно розвивається в напрямку промислової індустрії програмних засобів, де інколи важливіше швидке впровадження ідей та підходів, ніж їх аналіз і теоретичне обґрунтування.

Необхідність розроблення теоретичних основ науки про методи розробки інтелектуальних систем, що ґрунтуються на знаннях, розглянуто у працях а. Дж. Волпоні [1], Е.В. Попова, М.Мінського [2].

Роботи В.Ф. Хорошевського [3], А.В. Богуслаєва, В.І. Дубровіна [4] з питань методології інженерії знань фактично є першими і орієнтованими на певний клас задач, що моделюються в діагностичних системах.

Основою для забезпечення функціонування прикладних АСД ППР слід вважати способи (стратегії) декомпозиції та структурування бази знань щодо конкретного авіаційного об'єкта.

На сучасному етапі розвитку штучного інтелекту простежується тенденція випередження технологічних засобів розробки інтелектуальних систем відносно їх теоретичного обґрунтування [1; 2].

Тріадна концепція формування бази знань типового авіаційного об'єкта

Стадія структурування або концептуального аналізу бази знань АСД ППР є однією з найскладніших у розробці інтелектуальної системи.

Методологія структурування знань наближена до сучасної теорії складних систем, оскільки автоматизовані системи мають усі ознаки складності (ієрархія понять, між елементні зв'язки та ін.).

Головна проблема структурування знань у середовищі АСД ППР полягає у складності якомога повного відображення предметної області (робочого процесу проточної частини сучасного авіаційного газотурбінного двигуна), керування процесом розроблення розрахункових алгоритмів, а також забезпечення гнучкості кінцевого програмного продукту й опису поведінки окремих підсистем АСД ППР.

При проектуванні складних інформаційних систем (типу АСД ППР «експерт – об'єкт АТ») із застосуванням методів структурування інформації традиційно використовується ієрархічний підхід як методологічний прийом розчленування формально описаної системи на рівні (блоки або модулі).

На вищих рівнях ієрархії використовуються найменш деталізовані елементи, що відображають лише найбільш загальні риси й особливості системи, що проектується в базі знань.

На наступних рівнях ступінь подробиць збільшується, а система вже розглядається не в цілому, а окремими блоками.

Такий спосіб структурування знань одержав назву блочно-ієрархічного [3], одна з переваг якого полягає у тому, що складна задача великої розмірності розбивається на послідовні етапи вирішення задач малої розмірності. При цьому в зазначеному способі на кожному рівні застосовується свій опис процесу (об'єкта) і його елементів. Елемент i -го рівня є системою для рівня $i - 1$.

Переміщення від рівня до рівня бази знань має сувору направленість, порушення якої не дає змоги працювати на іншому рівні, тобто стратегія моделювання бази знань:

зверху \rightarrow униз або знизу \rightarrow уверх.

За такою схемою побудовані розрахункові алгоритми аналітичних інформативно-діагностичних моделей робочих процесів проточної частини типових двигунів [3].

Однак всю базу знань АСД ППР, що проектується, типового об'єкта АТ за таким способом побудувати важко.

Об'єктно-структурний спосіб, запропонований у роботі Т.А. Гаврилової [1], дозволяє об'єднати дві протилежні стратегії (STR) структурування – дедуктивну (нисхідну) STR td (top-down) з послідовною декомпозицією об'єкта діагностування (визначення технічного діагнозу об'єкта АТ) з направленістю процесу зверху–донизу та індуктивну (висхідну) STR bu (bottom-up) з поступовим узагальненням понять і збільшенням ступеня абстрактності опису знизу–доверху, тобто прогнозування динаміки погіршення технічного стану об'єкта АТ і прийняття експлуатаційно-технологічних рішень щодо подальшого режиму його експлуатації.

Синтез цих двох стратегій структурування, а також надання можливості ітеративних повернень на попередні рівні узагальнення приводять до застосування дуальної концепції, яка надає аналітику широку палітру можливостей на стадії структурування знань як для формування концептуальної структури бази знань АСД ППР S_k , так і для її функціональної структури S_f . Застосування дуальної (двовимірної) концепції, що адаптована для проектування баз концептуальних та експертних знань S_k , показано на рис. 1.

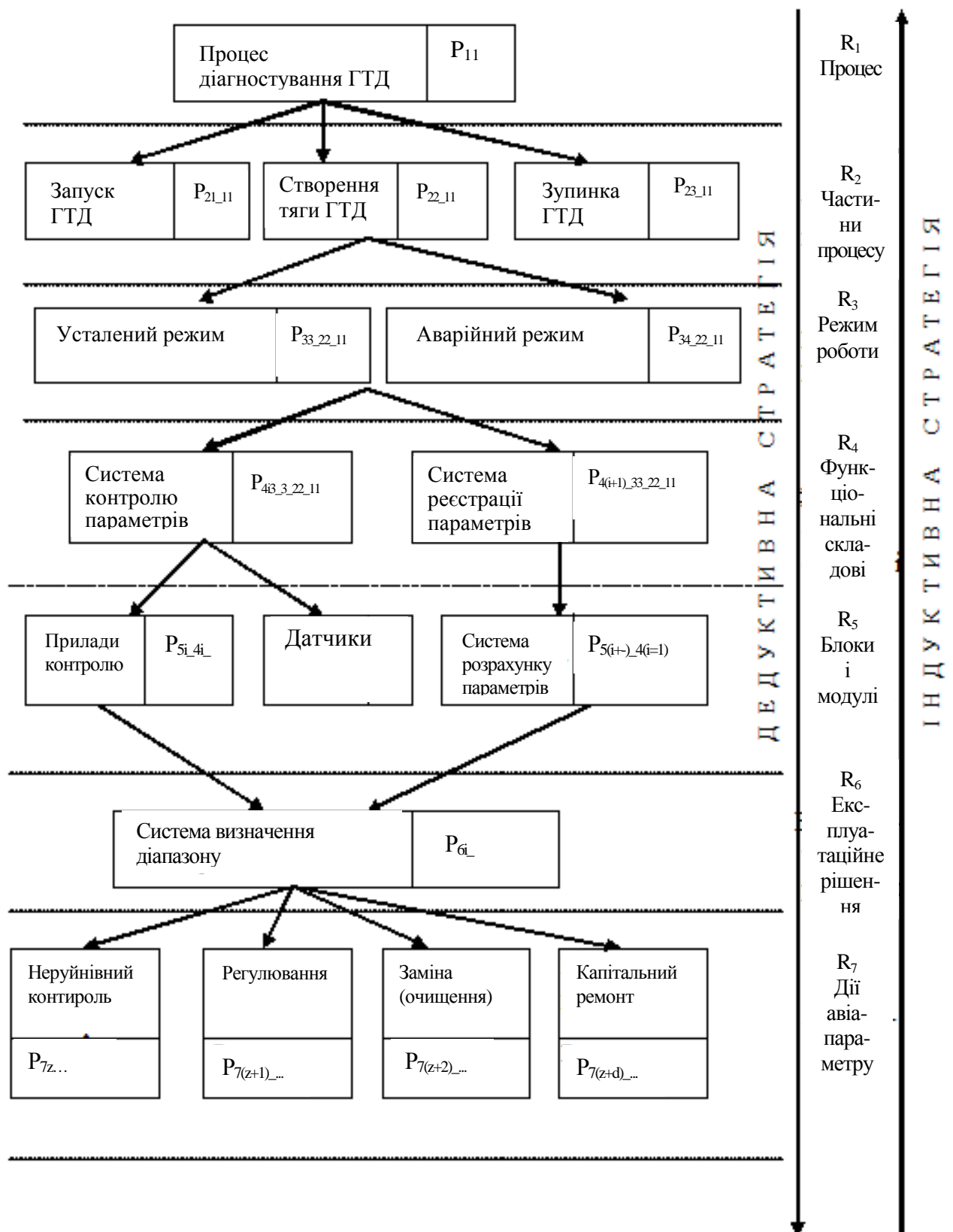


Рис. 1. Дуальна концепція проектування бази знань АСД ППР «експерт – об’єкт АТ» на прикладі авіаційного двигуна

Розробка бази знань в АСД ППР «експерт – об'єкт АТ» типового складного динамічного об'єкта АТ здійснюється для оперативної допомоги авіаційному персоналу при оцінці поточного технічного стану екземпляру авіаційного двигуна в умовах регулярної експлуатації.

Запропонований Т.А. Гавриловою синтез дедуктивної та індуктивної стратегій структурування знань може бути недостатнім у випадках зі створенням АСД ППР складного об'єкта АТ з глибиною діагнозу до його конструктивного вузла/елемента. Наприклад, для проточної частини газотурбінного двигуна (ГТД) із застосуванням перехідних режимів роботи на кожному з рівнів структурування бази знань пропонується застосовувати ще й стратегію паралельної (горизонтальної) декомпозиції STR ph (parallel-horizontal) об'єкта діагностування стосовно його поведінки при переході від одного стаціонарного режиму роботи на інший (рис. 2).

Дедуктивна стратегія STRtd структурування бази знань АСД ППР декларує переміщення зверху-донизу від $n \Rightarrow n + 1$, де n – n -й рівень ієрархії понять об'єкта діагностування з послідовною деталізацією понять, що належать відповідним рівням:

$$STRtd : P_i^n \Rightarrow P_1^{n+1}, \dots, P_{k_i}^{n+1},$$

де n – номер рівня концепту, що породжує;

i – номер концепту, що породжується;

k_i – кількість концептів, що породжуються на рівні $n + 1$.

Індуктивна стратегія STRbu структурування передбачає переміщення по базі знань АСД ППР знизу-доверху $n \Rightarrow n - 1$ з послідовним узагальненням понять:

$$STRbu : P_1^e, \dots, P_{k_i}^e \Rightarrow P_i^{e-1}$$

де e – номер рівня концептів, що породжують.

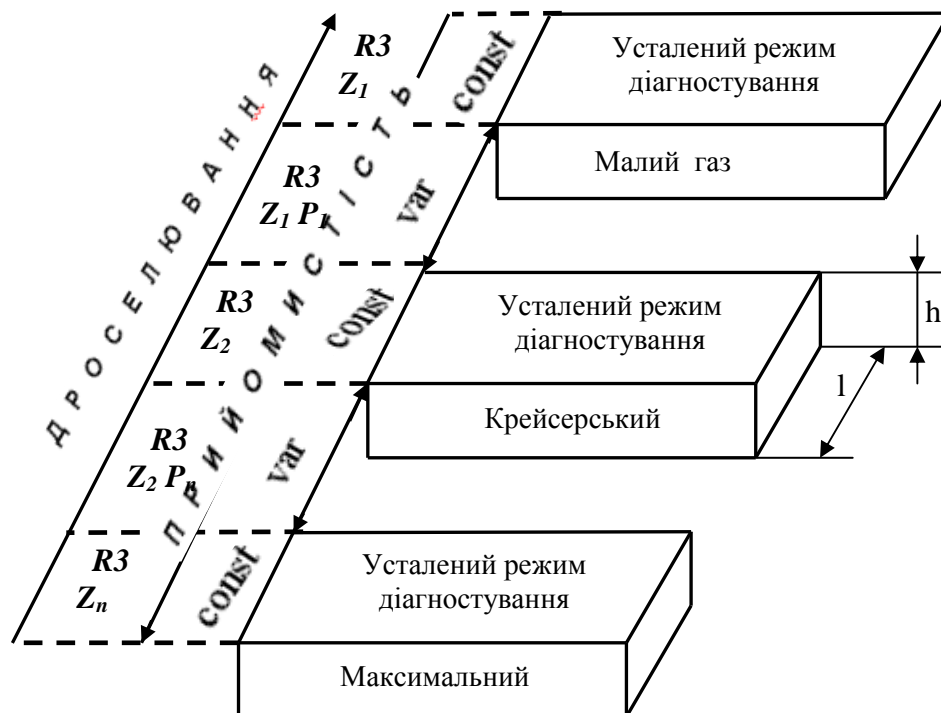


Рис. 2. Фрагмент застосування стратегії паралельної (горизонтальної) декомпозиції STRph при структуруванні бази знань

Паралельна стратегія STRph структурування дозволяє переміщення по базі знань АСД ППР у межах будь-якого з її рівнів не лише на його довжину ($n_l \Rightarrow n_{l+1}$), але й на його ширину ($n_z \Rightarrow n_{z+1}$), або навіть товщину ($n_h \Rightarrow n_{h+1}$):

$$STRph: P_{l_i z_i}^n \Rightarrow P_{l_i z_i}^n, \dots, P_{l_j z_j}^n,$$

де $l_i z_j$ – кількість концептів, що породжуються у двовимірному шарі n -го рівня.

Основою для припинення агрегування, деагрегування та рівневого розширення бази знань АСД ППР є повне використання словника термінів, яким користується експерт.

При цьому кількість, ширина і товщина рівнів є значущим фактором успішності структурування бази знань АСД ППР типового складного динамічного об'єкта АТ.

Сучасні методології структурування складних систем можна об'єднати у два великих класи:

- системний (структурний) аналіз, що базується на ідеї алгоритмічної декомпозиції, де кожний модуль системи виконує один із важливих етапів загального процесу;
- об'єктний підхід, пов'язаний з декомпозицією і виділенням не процесів, а об'єктів, при цьому кожний об'єкт розглядається як екземпляр визначеного класу.

Об'єктний (або об'єктно-орієнтований) підхід до структурування знань, що виник як технологія програмування великих програмних продуктів, базується на таких основних поняттях:

- об'єкти, класи як об'єкти, що пов'язані загальною структурою і властивостями, а також класифікації знань;
- ієрархії з успадкуванням властивостей;
- інкапсуляції як засоби обмеження доступу;
- методи й поліформізм для визначення функцій і співвідношень.

Як базову парадигму методології структурного аналізу знань і формування поля знань АСД ППР типового об'єкта АТ пропонується

застосувати узагальнений об'єктно-структурний підхід, який послідовно розроблений від математичного обґрунтування до технології й програмної реалізації Т.А. Гаврилової.

У методологіях системного аналізу є велика кількість виразних засобів для моделювання баз знань:

- графічні засоби;
- структуровані словники;
- мови специфікації систем;
- таблиці й матриці рішень;
- стрілкові діаграми «об'єкт–зв'язок»;
- діаграми переходів (станів).

Висновки

Існуючі дедуктивний та індуктивний способи декомпозиції знань, синтез яких утворює дуальну концепцію структурування бази знань, не дозволяє повним обсягом задовольнити вимоги до її формування для складних динамічних багаторежимних авіаційних об'єктів, таких, як авіаційних двигуни та функціональні системи сучасних повітряних суден. Обґрунтована та запропонована до застосування тріадна концепція структурування бази знань, яка є методологічним розвитком дуальної системи, дозволяє повністю забезпечити формування структури бази знань прикладної АСД ППР типу «експерт – об'єкт АТ».

Література

1. Volponi, A.J.; Brotherton, T.; Luppold, R.; Simon, L. D. Development of an information Fusion System for Engine Diagnostics and Health Management. NASA/TM-2004-212924.
2. Искусственный интеллект: справ: в 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / под ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 462 с.
3. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2001. – 384 с.
4. Богуслаев А. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий в авиадвигателестроении / А. Богуслаев, В. Дубровин, А. Набока / Радиоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2004. – №1. – С. 136–145.